

La Computación de Alta Performance como soporte a los sistemas altamente distribuidos

Diego Medel¹, María Murazzo¹, Ana Laura Molina¹, Federico Sánchez¹,
Martín Cornejo², Nelson Rodríguez¹, Miguel Méndez-Garabetti³, María
Fabiana Piccoli⁴

¹ Departamento e Instituto de Informática - FCEFN - UNSJ

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET

³ Instituto de Investigaciones, Facultad de Informática y Diseño, Universidad
Champagnat

⁴ Universidad Nacional de San Luis

Complejo Islas Malvinas. Ignacio de la Roza y Meglioli. C.P. 5402. Rivadavia. San Juan, 0264
4234129

dmedel@iinfo.unsj.edu.ar, marite@unsj-cuim.edu.ar, amolina@unsj-cuim.edu.ar,
fgsanchez@unsj-cuim.edu.ar, fmartin.cornejo@gmail.com, nelson@iinfo.unsj.edu.ar,
mendez-garabettimiguel@uch.edu.ar, mpiccoli@unsl.edu.ar

RESUMEN

Debido a la aparición de nuevas tecnologías, dispositivos inteligentes, medios de comunicación y aplicaciones móviles, la cantidad de datos que se produce en la actualidad aumenta exponencialmente. Este aumento en la cantidad de datos demanda nuevas estrategias que permitan su almacenamiento, y análisis de manera eficiente; esto conlleva un cambio de paradigma en las arquitecturas de cómputo, los algoritmos y también los mecanismos de procesamiento.

Los sistemas de cómputo tradicionales han evolucionado a sistemas de alto rendimiento (HPC) para llevar a cabo cómputo intensivo y mejorar la velocidad de procesamiento.

La presente propuesta de investigación analizará y evaluará las ventajas de la computación de alto desempeño, aplicándolas a problemas que requieran un alto costo computacional en sistemas altamente distribuidos, como son las aplicaciones de Internet de las Cosas.

Palabras claves: *High Computing Performance, IoT, Distributed Systems*

CONTEXTO

El presente trabajo se encuadra dentro del área de I/D Procesamiento Distribuido y Paralelo y se enmarca dentro del proyecto de investigación: Orquestación de servicios para la Continuidad de Edge al Cloud, aprobado para el período 2018-2019. Asimismo, el grupo de investigación viene trabajando en proyectos relacionados con la computación distribuida y de alta performance desde hace más de 18 años. En esta oportunidad se han incorporado investigadores de otras universidades de la región lo cual impactará en todas las actividades planificadas. Las unidades ejecutoras para dicho proyecto son el Departamento e Instituto de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y

Naturales de la Universidad Nacional de San Juan.

1. INTRODUCCION

Resolver problemas científicos, simular o modelar propuestas físicas o químicas han llevado a utilizar la computación como base a cálculos aritméticos o gráficos. Además, con la aparición de nuevas tecnologías, dispositivos inteligentes, aplicaciones móviles, redes sociales, la cantidad de datos que se produce en la actualidad aumenta exponencialmente. Se considera que el 90% de los datos existentes se han generado en los últimos dos años, esto está dando lugar a la Era del Exa y ZettaByte [1].

Debido a la necesidad de un alto costo de procesamiento y una gran cantidad de datos, los sistemas tradicionales, y en especial los de computo, han evolucionado a sistemas de cómputos de alto rendimiento (del inglés *High Performance Computing*, HPC). La evolución del procesamiento de información lleva varias décadas. Sin embargo, uno de los cambios de mayor impacto ha sido el uso de manera masiva de procesadores con más de un núcleo (*multicore*), produciendo plataformas distribuidas híbridas (memoria compartida y distribuida) y generando la necesidad de desarrollar lenguajes, librerías y algoritmos que las usen adecuadamente. Estos entornos son los ideales para *big data* debido a la creciente demanda y complejidad del cómputo necesario.

En [2], se describe los elementos de hardware que implican un sistema HPC físico. Desde el punto de vista de elementos de procesamiento, resalta procesadores *multicore* (8 núcleos o más), como así también, unidades de procesamiento gráfico (GPU). Siendo estas últimas protagonistas en aumentar la capacidad de computo de manera considerable. Además, distingue la interconexión de un clúster HPC según su escala o gama; los clústeres de gama baja o de menor escala tienden a utilizar variaciones de las redes Ethernet (Gigabit Ethernet), de gama media (media escala) redes Infiniband hasta 10 Gigabit Ethernet. Para los sistemas a gran escalar utilizan, por lo general,

redes propietarias. Además, remarca el uso de módulos DDR3 DRAM de alta velocidad.

Tomando como arquitectura de base a un clúster, es posible combinar los paradigmas de memoria distribuida y memoria compartida, en un modelo de programación híbrida logrando aplicar una estrategia de paralización más efectiva mediante múltiples niveles de paralelismo y reducción del *overhead* de comunicación [3]. Librerías tales como MPI (*Message Passing Interface*) permiten el desarrollo de soluciones en el ámbito de memoria distribuida mediante la comunicación entre procesos por medio de funciones punto a punto o colectivas. OpenMP en ámbitos de memoria compartidas mediante la ejecución de *threads* y CUDA (*Compute Unified Device Architecture*) para arquitecturas paralelas como son las placas de videos mediante la ejecución concurrente de miles de *threads*. La programación híbrida consiste en desarrollar una solución en el que involucren ambos modelos de memoria mencionados.

Sin embargo, con el objetivo de mejorar los tiempos de procesamiento, se puede optar con la implementación de recursos de hardware con mayor potencia de cálculo, pero los costos de estos equipos son elevados, lo que dificulta su acceso a una gran cantidad de comunidades científicas. En [4], los autores definen a la nube (del inglés *cloud*) como un modelo de prestación de servicios, siendo la escalabilidad su principal característica. Es decir, los servicios son elásticos para el usuario, siendo transparente el funcionamiento del mismo. Es por ello, que la nube se ha convertido en un enorme repositorio de recursos computacionales, lo cual es una buena posibilidad para construir una plataforma para las aplicaciones que necesitan una gran cantidad de recursos. HPC se puede pensar como un servicio como muchos otros en la nube [5].

En la actualidad, la computación de alto desempeño en la nube es uno de los temas de investigación más actuales tanto por la comunidad científica como la empresarial. Los trabajos de HPC en la nube son una solución rentable que supera y reemplaza a los verdaderos clústeres dedicados. Grandes

empresas como Amazon Elastic Compute Cloud, Microsoft Azure and Google invierten millones de dólares en tecnología en la nube [6].

Desde hace unos años se empezó a hablar de Internet de las Cosas (del inglés Internet of Things, IoT) como un concepto de interconexión digital de objetos o dispositivos cotidianos. Cosas tales como vehículos, electrodomésticos o simplemente objetos (muebles, sensores, etc.) conectadas a la red. El concepto de IoT, tiene como objetivo hacer que internet sea aún más inmersiva y omnipresente. Además, permitir fácil acceso e interacción con una variedad amplia de dispositivos. IoT fomenta el desarrollo de una serie de aplicaciones que hacen uso de la enorme cantidad y variedad de datos generados por tales objetos para proporcionar nuevos servicios a ciudadanos, empresas y administraciones públicas. En [7], remarca que en los próximos 10 años la cantidad de dispositivos conectados crecerá en más de 50 mil millones. Es decir, la cantidad de datos generado por las aplicaciones de IoT seguirá creciendo y con ello la diversidad y la complejidad.

En [5], describen la necesidad de las aplicaciones de IoT en utilizar HPC. En su trabajo detalla ejemplos de aplicaciones relacionadas con el concepto de “mundo inteligente”: *smart building management*, *smart logistics and smart manufacturing* son algunos de los ejemplos analizados. Los autores afirman la importancia en estudiar este vínculo HPC - IoT, ya que muchas aplicaciones de la IoT se caracterizan por la complejidad inherente al mundo físico, que conduce a problemas de HPC y, en particular, a problemas de optimización combinatoria.

2. LINEAS DE INVESTIGACION

Las tareas investigación se centrarán en el análisis de librerías, lenguajes y frameworks para el desarrollo de técnicas y/o algoritmos de cómputo intensivo sobre estructuras distribuidas, paralela e híbrida. Un análisis sobre aplicaciones que describan problemas científicos, simulaciones o aplicaciones de IoT

que requieran un alto costo computacional. Estudiar los beneficios (desventajas) y características del uso de la Computación de Alto Desempeño en la nube, como así también de las aplicaciones que requieran gran cantidad de datos y costo computacional.

Profundizar el análisis de IoT y la necesidad de una computación de alta performance (HPC).

Además, debido a que los requerimientos de IoT en general son interactivos y los modelos de aplicaciones paralelas por lo general no satisfacen estos requerimientos es que se debe modelar el sistema de forma diferente. Por otro lado, los dispositivos IoT pueden fallar, la red presentar *delay* y otros problemas que hacen que los desarrollos de estos sistemas sean bastante diferentes de las aplicaciones científicas que se ejecutan en arquitecturas paralelas.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Resultados Obtenidos

Durante los últimos diez años se trabajó en el área de Computación de Alto Desempeño, en particular sobre análisis de diversas arquitecturas paralelas y distribuidas, tales como: Cloud Computing (públicos, híbridos y privados), clúster de commodity, arquitecturas distribuidas de bajo costo y arquitecturas paralelas. Dicha experiencia impulsó esta línea de investigación. El grupo ha realizado publicaciones en el área durante el último año trabajos de investigación en diferentes Congresos y Jornadas [3], [8]–[10], se realizaron tres publicaciones en revistas científicas y se transfirieron los resultados mediante conferencias en eventos científicos.

Algunos de estos trabajos [3], [8] comprendieron un análisis comparativo del desempeño de distintos modelos de programación paralela (memoria compartida, memoria distribuida e híbrido) en diversas configuraciones de los mismos. Los estudios estuvieron aplicados a problemas de álgebra lineal y a la simulación de propagación de incendios forestales. Los resultados obtenidos reflejan una mayor reducción del tiempo de

ejecución al utilizar un modelo de programación híbrida.

Se han aprobado diecisiete tesinas de grado y un trabajo de especialización y se incorporaron dos becarios de investigación categoría alumno y se encuentran en desarrollo tesinas de grado y de maestría. Además, en el marco de esta línea de investigación se han finalizado dos trabajos de tesina de grado [11][12].

Objetivos

El objetivo del grupo de investigación es analizar las ventajas de la computación de alto desempeño, analizando distintas arquitecturas y evaluando cómo se comporta en términos de rendimiento (performance) aplicaciones que requieran un costo computacional alto.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo de esta línea de investigación está formado por docentes-investigadores de las universidades de San Juan y Champagnat (Mendoza), un becario doctoral de CONICET y 2 alumnos de la UNSJ. Recientemente se han defendido dos tesinas de grado relacionadas al área [11] y [12]. Actualmente, se están realizando dos tesis doctorales relacionadas a esta línea de investigación.

Cabe destacar que el proyecto marco de la presente línea de investigación incluye investigadores de UNSL y UNLaR y además se estarían realizando dos maestrías y varias tesinas de grado.

Además, se espera aumentar el número de publicaciones. Por otro lado, también se prevé la divulgación de varios temas investigados por medio de cursos de postgrado y actualización o publicaciones de divulgación y asesoramiento a empresas y otros organismos del estado.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Acín *et al.*, *Architectures and methodologies for future deployment of multi-site Zettabyte-Exascale data handling platforms*, vol. 664. 2015.
- [2] D. Chavarria-Miranda, Z. Huang, and Y. Chen, "High-performance computing (HPC): Application & use in the power grid," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–7, 2012.
- [3] M. Murazzo, N. Rodriguez, A. L. Molina, F. Sanchez, and D. Medel, "Análisis de desempeño de una arquitectura híbrida MPI/OpenMP mediante problemas de álgebra lineal," in *IV Seminario Argentina - Brasil de Tecnologías de la Información y la Comunicación*, 2016, pp. 1–8.
- [4] P. Mell and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology," 2011.
- [5] D. El Baz, "IoT and the need for high performance computing," *Proc. - 2014 Int. Conf. Identification, Inf. Knowl. Internet Things, IIKI 2014*, no. Mic, pp. 1–6, 2014.
- [6] R. Aljamal, A. El-Mousa, and F. Jubair, "A comparative review of high-performance computing major cloud service providers," *2018 9th Int. Conf. Inf. Commun. Syst. ICICS 2018*, vol. 2018–Janua, pp. 181–186, 2018.
- [7] J. Jadav, C. Tappert, M. Kollmer, A. M. Burke, and P. Dhiman, "Using text analysis on web filter data to explore K-12 student learning behavior," *2016 IEEE 7th Annu. Ubiquitous Comput. Electron. Mob. Commun. Conf. UEMCON 2016*, pp. 1–5, 2016.
- [8] A. L. Molina, F. Sanchez, N. Rodriguez, M. Murazzo, and M. Méndez-Garabetti, "Análisis de rendimiento de un simulador de

propagación de incendios forestales de ejecución paralela en diversos escenarios.” Congreso Internacional de Ciencias de la Computación y Sistemas de Información, 2018.

- [9] A. L. Molina Maturano, N. Rodriguez, M. Murazzo, F. Pincioli, and M. Méndez-Garabetti, “FASES PARA EL DESARROLLO DE PROGRAMAS PARALELOS Y SU APLICACIÓN EN LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE INCENDIOS FORESTALES,” in *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2018, pp. 706–709.
- [10] D. Medel, G. Fernández, N. Rodríguez, M. Murazzo, and S. Juan, “El modelo de Mobile Cloud Computing aplicado al desarrollo de un sistema de alertas.”
- [11] A. L. Molina Maturano, “Definición de fases para el desarrollo de programas paralelos pertenecientes al modelo de memoria compartida y su aplicación a la predicción del comportamiento de incendios forestales,” Universidad Nacional de San Juan, 2018.
- [12] F. Sanchez, “Paralelismo Híbrido para resolver problemas de cómputo intensivo,” 2018.